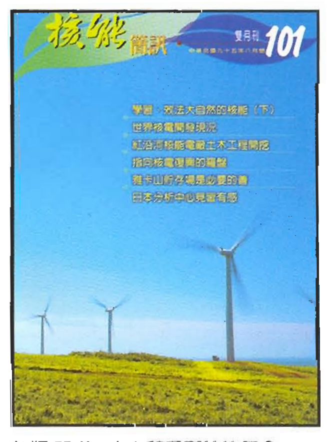
核能簡訊

雙月刊 101
中華民國九十五年八月號



101 核能簡訊 民國九十五年八月十日出刊
核能簡訊雙月刊 CONTENTS AUG



出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址／新竹市光復路二段一〇一號
研發大樓208室
電　　話／(03) 5711808
傳　　真／(03) 5725461
網　　址／http://www.nicenter.org.tw
E-mail／nic@nicenter.twmail.net
發 行 人／朱鐵吉
編輯委員／鄭安弘、蔡明隆、林明瀧、蕭金益
翁寶山、潘　欽、洪益夫、開執中
鍾　堅、顏上惠、萬永亮、劉仁賢
黃文盛
主　　編／朱鐵吉
顧　　問／喻冀平
文　　編／鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
美　　編／孫秀琴
編 印 者／信誠廣告事業有限公司
地　　址／台北市興安街100號3樓之5

■ 行政院新聞局出版事業登記證．局版臺誌字第 851 號

編者的話

繼上一期報導「學習效法大自然的核能（上）」，從宇宙初生至地球形成，說明放射性物質一直都存在於人類生存的環境之中。而本期繼續刊載的下集是介紹地球的自然環境如何形成、因化學能源而產生的文明、工業革命與能源利用，從而談到核能源的發展。其中提及，距今20億年前，地球上曾經存在過天然的核反應器，而且持續運轉長達80萬年之久。

連鎖反應逐漸停止之後，所遺留下來的放射性物質大部分都遺留在現場，本身的輻射均消滅殆盡。證明現今處置高放射性廢棄物的地質處置方法正是向大自然學習，是有效的。同時，大自然具備的保存能力，能將鈾長期、安全地貯存在地底下，也證明了放射性廢棄物不是無解的難題。

中國大陸對於核能發電的企圖心與潛力，世人有目共睹。除了自主設計國產反應器，更外銷至巴基斯坦；目前正在興建中的機組有8座，預計至2020年止，將增建30餘座機組。有鑑於此，自本期開始，本刊將新闢「核電在中國」的單元，一系列報導中國大陸有關核能發電的發展現況、核電產業報導、區域市場分析、核電業成本估算以及未來需求與展望等內容。

不僅我們，全世界都在看中國大陸的核能發展，請讀者拭目以待。



國內新聞 News

台灣電力公司核三廠30日頒發261萬的獎學金給587名恆春子弟，累計獎金達到6,700萬，可算是全國最大、普及率最高的獎學金。

台電公司為獎掖電廠所在地的優秀及清寒學生敦品勵學，自民國78年起設置這項獎助學金迄今，每年提撥經費作為各級學校的獎助金，累計至今已超過6,700萬元。今年計有772人提出申請，經評審後共錄取587人，通過率達到7成6。

核三廠廠長陳布燦表示，協助恆春地區繁榮是公司的既定政策，每年除提撥協助金供地方政府做公益建設及社會福利經費外，更提撥獎助學金以直接回饋電廠所在地，目的在落實電廠與地方共存共榮。

(2006.05.31.中國時報)

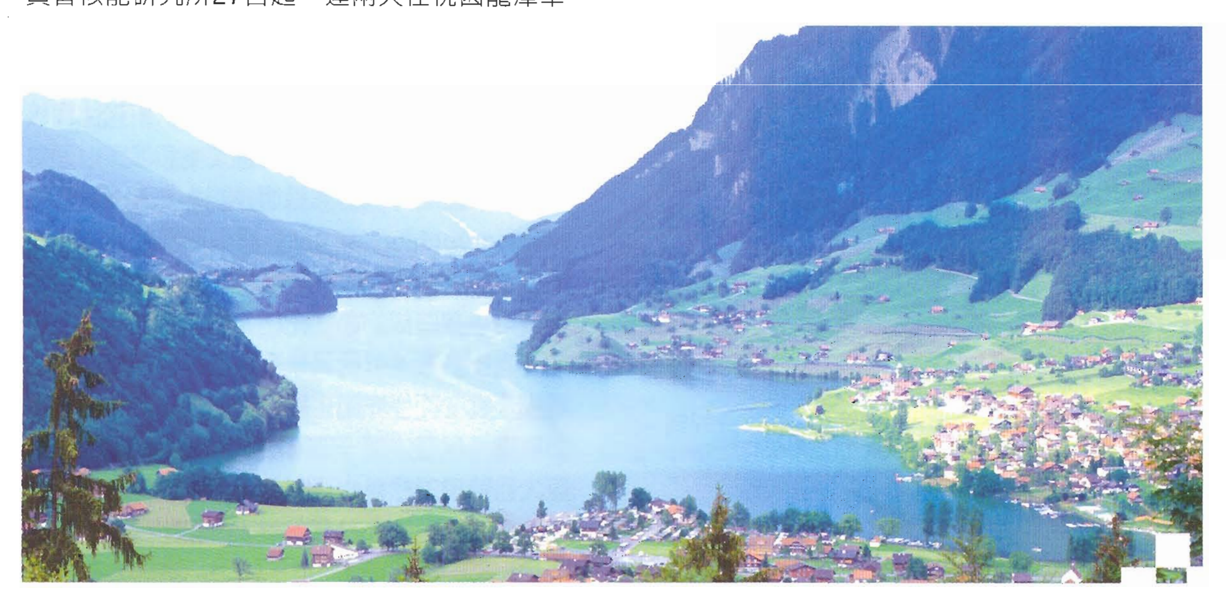
面對燃料電池商品化導入，更須完備系統設計整合能力與產業供應鏈，行政院原子能委員會核能研究所27日起一連兩天在桃園龍潭舉辦一場「台灣小型燃料電池研討會」，多位國內外知名專家學者及產業代表應邀發表專題演講，活動現場還同時舉辦燃料電池相關系統展示會，提供業者有效把握新能源的商機。

(2006.06.27.工商時報)

產業發展不能沒有電，但是地球溫室效應又是要命般地惡化，讓中研院長李遠哲不在乎預見的批評，多次發表「核能發電是現階段避免不了的選擇」的論說，李遠哲認為這是有科學依據的事實。

對於反核人士所主張用再生能源取代核電，他完全贊成，但「這不是短時間可以達成，可能要50年」；他要問反核人士「怎樣才能既降低二氧化碳又可不選擇核電？」李遠哲形容不是喜不喜歡核能發電的問題，而是如果要電，還得顧及溫室氣體減量，這時候核電是逃不掉的選擇。

(2006.07.05.聯合報)



INFORMATION



國外新聞 News

美國參議員為美國注入新的核能觀點

美國參議員多明尼契率先打破卡特總統單次使用核子燃料的慣例。他提出了實際的核能利用建議，開啓鈾更大利用率之門，並減少了放射性廢棄物的體積與放射性。而受直接影響的就是雅卡山貯存場計畫。雅卡山應考慮作為放置用過核子燃料再處理後的短壽命、體積較小的放射性廢棄物貯存場。如同「全球核能夥伴計畫」的構想，在用過核子燃料經再處理可利用之前，應需在反應器廠址或其他地方存放更久時間。

Nucleonics Week 18/5/06.

法國將建造新機組

法國電力公司核准在諾曼第省弗拉曼維爾城、原本兩個130萬瓩機組旁，再建造一個163萬瓩級的歐洲壓水式反應器機組。機組造價總成本預估為33億歐元，發電後每度電價成本預估為4.6分歐元－與目前利用新型天然氣聯合循環氣渦輪機組發電的成本相當，且沒有碳釋出物。連續生產後成本預估會下降20%。法國電力公司已遞交建造許可申請，2007年年底前將完成廠址勘查並首次灌漿，預計2012年可以完工。法國電力公司的新機組計畫乃是在一場公開的辯論會之後提出，此舉被視為「更新法國電力公司核能發電組合的必要步驟」。義大利國家電力公司擁有新電廠12.5%的股權，意即有20萬瓩的發電容量所有權，並可參與設計、建造與運轉。

EdF 4/5/06, Nucleonics Week 11/5/06.

英國廢棄物委員會報告

由英國政府任命，具廣泛代表性、由非專家組成的放射性廢棄物管理委員會，在經過3年的長考之後，日前正式提出高放射性廢棄物的解決方案。放射性廢棄物管理委員會建議長期採用深地層處置法，但同時也需要「堅固耐用的中期貯存設施」。調查的範圍包括可貯存47萬立方公尺高放射性與中放射性廢棄物的土地，並且也隱含可能將鈽及耗乏鈾當做廢棄物處理，以及捨棄用過核子燃料再處理的可能性。貯存場址將以社區居民的同意為基礎，而英國境內大約有1/3的地質適宜深地層處置。委員會的最終報告預計於7月提交，並討論廢棄物可回收性的問題(譯註：放射性廢棄物可自貯存地點重新取出的能力) ，唯僅就大方向作討論。放射性廢棄物管理委員會承認，設置貯存場實際上可能需耗時數十年，但政府仍應迅速採納其建議。

CoRWM 27/4/06, Nucleonics Week 4/5/06, SpentFuel 1/5/06.

車諾比爾20週年紀念日引發媒體騷動

最近全球文字媒體上有相當多的車諾比爾核災與其現況的系列報導－讀者文摘和國家地理雜誌有相關紀事，「綠色論據」組織網站(www.greenfacts.org)則有網頁專門報導車諾比爾論壇的報告，而新科學家雜誌與綠色和平組織則質疑事故造成的癌症死亡人數，並表示實際數字要高出許多。俄國科學家對輻射所造成的衝擊輕描淡寫，而世界衛生組織則仍信守其去年公布的數據。所有人都一致同意，車諾比爾事故造成巨大且持續的社會心理創傷。事故發生時為前蘇聯總統的戈巴契夫曾寫下：「車諾比爾事故『可能是5年後蘇聯解體的真正原因。車諾比爾核災



的確是一歷史轉捩點，讓我們了解不能再繼續使用這種系統。』」

同時俄羅斯政府也計畫分別在受破壞的反應器，及在1986年倉促豎立、年久失修的屏蔽外，建造永久性的屏蔽設施。國際車諾比爾屏護基金目前已有此工程專用、超過8億歐元的現金或擔保品。新屏蔽的建造合約預期將很快簽訂，並於2008年完成。拱型結構的屏蔽將在車諾比爾附近建造，完成後再運往固定位置嵌入，以使1986年建造的屏蔽以及部分或全部受損的反應器，可於安裝新屏蔽之後拆除。

National Geographic & Readers Digest April 2006, New Scientist 8/4/06, AFP 18/4/06, Australian 19/4/06, NucNet news #66/06.

中國大陸核能發展現況

秦山四期核能電廠（或二期第2階段）建設工程6號機組雖於3月首次灌漿，但一直到4月底才正式開工。中國大陸核工業集團公司表示，當地兩部65萬瓩級反應器國產化率達70%以上，計畫工期為60個月。

此工程與去年12月首次灌漿的嶺澳核能電廠3號機與4號機計畫結合（每部發電容量為93.5萬瓩）。嶺澳核能電廠反應器將在中國大陸核能工程公司管理下，自產機組化率達70%。這些是目前8部反應器中的第1部，第11個5年計畫的6-10部新反應器可望很快宣布動工。

由俄羅斯建造的首部田灣核能電廠反應器於5月中開始併聯，較計畫時程落後幾乎達3年。自1999年開始，俄羅斯核電建設出口公司在江蘇省建造田灣核能電廠兩部100萬瓩級的前蘇聯壓水反應器(VVER)，總成本估計為32億美元，其中中國大陸出資18億美元。反應器機組結合了芬蘭製的安全特性與西門子公司的儀控系統。預計另外兩部VVER反應器也將在新5年計畫的架構下，在江蘇省廠址開工建造。這將是中俄大規模能源交易協定(包括供應中國大陸石油與天然氣)範疇下的一部分。

另一方面，未來三門與陽江新核能電廠（為第10個5年計畫的一部分）的合約花落誰家，由美國西屋公司亦或是法國亞瑞華公司承接，決定權似乎握在中國大陸領導人的手上。

Nucleonics Week 6 & 13/4/06, Power in Asia 11/5/06, NucNet WNR 12/5/06, Platts 12/5/06.

日本再處理廠活躍

在中央政府的支持下，歷經13年的建造並與地方縣政府締結安全協議，位於日本本州島的六個所村再處理廠，已經開始進入最後為期17個月的測試階段。測試期間將完成日本核子燃料公司約430公噸用過核子燃料各方面性能的測試。同時，所屬日本原子力研究開發機構的東海再處理試驗廠，目前正處理最後一批自1977年起開始處理的1,116公噸用過核子燃料。

Atoms in Japan 31/3/06.

核能課程再度熱門

近來美國學生對核子工程課程表達強烈興趣，多數核能相關系所5年來的入學人數已經加倍，有的甚至增加為3倍。根據能源部最近調查顯示，現在核子工程學生為1,759人，而1999年時只有450人。而2005年研究生已經從600人左右增加到1,008人。

ASEE Prism, Jan 2006.



學習、效法大自然的核能（下）

■ 作者：藤家洋一
■ 譯者：張寧恩*
謝牧謙**

地球的自然環境如何形成？

目前為止，已介紹了宇宙誕生、超新星爆炸，以及太陽和地球之間的關係等，也思考了地球所處的世界；其次，讓我們來思考看看地球、居住在地球上的人類及其文明。尤其，最近環境問題比能源問題更備受社會關注，因此對於地球環境必須具備正確的理解。

有「水的行星」之稱的地球，是由陸地、海洋及大氣所組成，水的存在扮演極為重要的角色。因為有海洋，才開始有生物出現在地球上。最初是原始植物，其次是以原始植物為食物的動物出現，再逐漸進入陸地生活。這個時候距地球誕生已有數億年的時間。

據說原始地球是源自於冰冷的團塊，而不是黏稠的高溫液體。太陽或地球被稱為第二代星球，是超新星爆炸之後向宇宙四處飛散的塵埃聚集形成。此外，地球的大氣最初大部分是二氧化碳，後來在海水中轉換成石灰岩之後，導致大氣中的二氧化碳減少，又植物藉由光合作用吸收了太陽能，將二氧化碳和水合成葡萄糖等碳氫化合物，再將游離氧釋放於大氣中。如此一來，大氣中的二氧化碳開始減少，反之氧氣開始增加。就在二氧化碳持續減少，氧氣持續增加的情況下，現在的大氣約有80%是氮氣，20%是氧氣，以及其他少量的水蒸氣及微量的氬氣等。不同於其他較大的行星，地球幾乎沒有氦、氖等惰性氣體，據說是因為地球的重力無法支撐這些惰性氣體所致。但是，以鍊鋼業為主的產業在工業革命之前沒多久便開始使用煤，導致二氧化碳的濃度開始出現增加的趨勢。

化學能源的文明

植物在溫暖的海洋中誕生成長，並與動物共存形成生態圈，使得地球擁有與其他星球大為不同的特性。

植物的光合作用，是太陽經由核熔合反應產生的能量，變成太陽光線到達地球表面，其中僅有約0.02%的太陽能變成化學能源而被儲存起來。這種具有儲存性的化學能源成為生態圈物質循環的原動力。動物以這些儲存在植物內的碳氫化合物、胺基酸及蛋白質等為食物來維持生命活動，在某個範圍內形成封閉的物質循環領域，亦即造成所謂的生態圈。

假設地球自始至終從未有人類出現，就不會發生現在這樣大量消費能源的情況，地球也會在植物比動物優勢的情況下持續發展。植物吸收的二氧化碳，分解成碳和氧，碳是構成有機物的基本元素而為植物或動物體內所吸收，氧則游離被釋放於大氣中。簡單來說，能源像這樣進入生態圈為植物或動物所利用，無法利用的部分就被排出圈外，但由於物質循環處於封閉狀態，因此構成物質的元素在這環境中形成一個封閉的循環。

植物或動物在壽命結束後被埋入地底下，在地底下經過微生物的分解作用變成石油、煤炭、天然氣等化石能源。若從植物的角度來看，這些化石能源或許就像是廢棄物一般。不過，以

人類從未出現在地球上作為假設進行預測，原本就不是件簡單之事。無論如何，人類利用這些化石能源帶動文明進步，但同時也造成現在環境的破壞，並導致地球步入溫室化時代。

文明與科學技術

人類從大自然中的火獲得啓發，開始利用化學能源。最初，人類把火當作照明使用，並利用其散發出來的熱來取暖、調理及保存食物。狩獵社會及農業社會均因火的使用而蓬勃發展。

倘若上述情況持續進行，或許就不會有環境破壞的問題，也不會產生二氧化碳導致氣候暖化的現象。社會也將在農耕文明與大自然相互調和之下持續發展。這是由於農耕社會若是發生環境破壞的問題，將會受到大自然嚴厲的制裁，因此與自然和睦共處，未來才可獲得保障。但是，人類文明的發展並未停留在這個階段。

人類的智慧發展出科學技術，不僅成為支撐當代文明的基礎，也促進下個文明的發展。從17世紀開始，以歐洲為中心的工業革命及法國大革命對人類社會產生莫大影響，社會型態從原本由環境支配的農耕社會轉變成由能源支配的都市型社會。人類可以將化學能源轉換成動力，轉換成電能是大量消耗化學能源的主因，可說是化學能源支配人類社會文明時期的到來。

文明的型態隨著時代而改變，但是文明所追求的科學技術基本上不會改變，亦即能源、物質、技術及資訊4項（圖1）。工業革命以來，人類徹底利用化學反應，迅速發展現代文明，卻也因地球溫室化等排放二氧化碳的問題而不得不改弦易轍。取而代之的是，以原始核反應為基礎的文明萌芽，至今也已過了1世紀。作為宇宙能源及物質泉源的核能如何充分發揮其作用，架構出

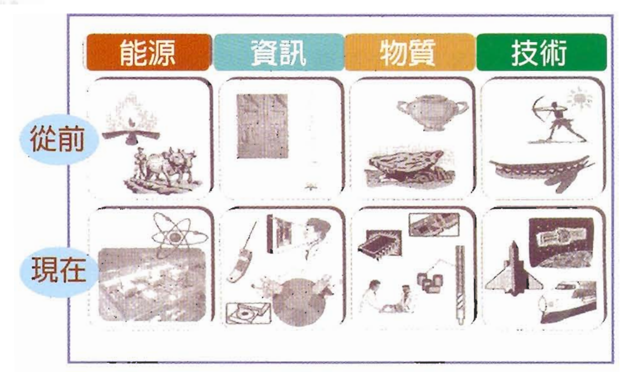


圖1 文明所追求的科學技術

一個資源回收，而非用完即丟的文明社會，將是目前必須面對的課題。

工業革命與能源利用

工業革命的成果在於，將化學能轉換為人工動力的同時，也引進了方便使用的電能。

在此之前，人類利用的是風力、水流以及家畜的力量，而非人工動力。原本人們利用馬車來載運貨物，當他們有天突然看到英國人喬治史第文森發明的黑色鐵塊（蒸汽機車）冒著煙載運貨物往前疾駛時，驚訝的程度超乎想像，或許比火力發電變成核能發電時更甚。

此外，由於美國科學家富蘭克林成功證明雷電是由電力造成，人類開始使用電力，進而創造出豐富的文明以及舒適的生活，短短不到幾世紀的時間，人類就進入大量消費、大量丟棄的時代。

如今，我們地球正深受氣候溫室化之苦。人類必須思考未來能源的時代業已來臨。坦白而言，化學能源大量消耗的結果，無論從資源或環境保護的角度來看，均面臨沒有將來的困境，因此現在我們必須思考下一步該怎麼做。



轉換為其他資源，或是減少資源消耗量？資源轉換，在生態系所剩資源有限的情況下，必須採取與自然環境調和的方式，利用太陽核能或地球核能。關於化石能源與核能的能源密度，如圖2所示，兩者有顯著的差異。而這樣的差異究竟會為未來帶來什麼樣的可能性？這就是核能必須面對的課題。誠如環境學者所言，減少化石能源的使用，增加太陽能以及風、雨等自然能源的可再生能源利用極為重要。但是，今後人類真的能夠做到減少能源消耗嗎？能夠解決絕對的貧窮嗎？這種貧窮是現存於地球上不公平現象之一，也是聯合國在維持過去建立起舒適生活的同時，追求人類永續發展致力解決的問題。就如同人工衛星拍攝到的地球圖片一般，夜晚燈光點點之處，正凸顯出地球上存在不公平的事實。

如前所述，目前地球能夠使用的能源，是由太陽光線帶來的能源，亦即從太陽的核熔合反應中自然產生的能源，以及在地球上以人工方式製造的核能，也就是核熔合和核分裂。核熔合又稱之為恆星的核能，核分裂則稱之為行星的核能。儘管如此，在地球如此狹小的空間裡，也可以進行核熔合。國際熱核熔合實驗反應器「International Thermonuclear Experimental Reactor，ITER」便是為了開發這種能源系統而設立。[編按：ITER位於法國南部的卡達拉奇(Cadarache)，2015年可望運轉。]

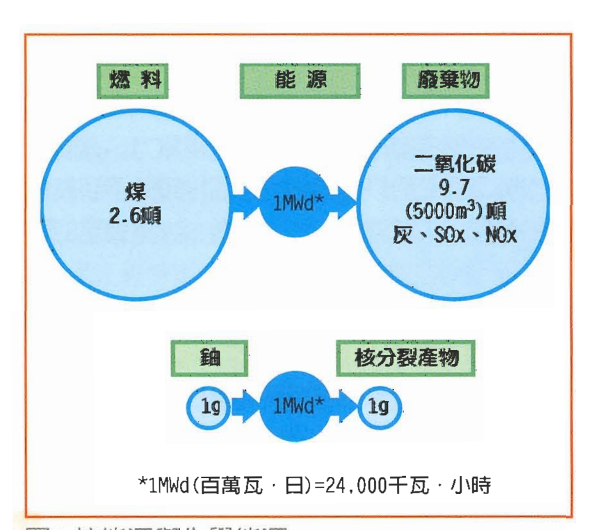


圖2 核能源與化學能源

從化學能源到核能源

1985年德國科學家倫琴(Wilhelm Röntgen)發現x射線之後，為人類開啓了原子及原子核的世界。時代也從化學反應支配的時代，慢慢地進展到核反應支配的時代。未來，核能不僅能製造出電力能源，也能製造出例如人工石油等化學能源。這種方式，第一優先是製造氫氣。儘管將水分解為氫和氧的技術從以前就有，但是目前，利用高溫氣體反應器（HTR）所產生的高溫熱能來製造氫氣，正在各國發展中(日本、中國大陸、南非、美國等)。

發生在行星的核能屬於重元素的核分裂反應

進入實用化階段的輕水式反應器核能發電，在日本已發展成為基本電源，以下，就讓我們來思考這種核能發電。利用核子反應產生能量，與進行化學反應相同，利用的是反應前後物質結合能的差異（圖3）。核熔合是輕元素經過核反應產生的核能，核分裂是重元素經過核反應產生的核能。恆星的核熔合至今仍是星球能量的來源，卻沒有任何資訊顯示核分裂現在仍在某處持續進行連鎖反應。但是，現在沒有，過去卻曾經發生過。地球曾經存在過天然的核反應器，而且已有18座核反應器的化石獲得確認（圖4）。這是1972年法國科學家證實後發表的結果。在非洲加彭國的Oklo地方所發現的天然核反應器，與現在的輕水式核反應爐原理相同。天然核反應器出現在距今20億年前，當時地球已形成地殼構造，有水，也有游離氧。游離氧將鈾變成水溶性的氧



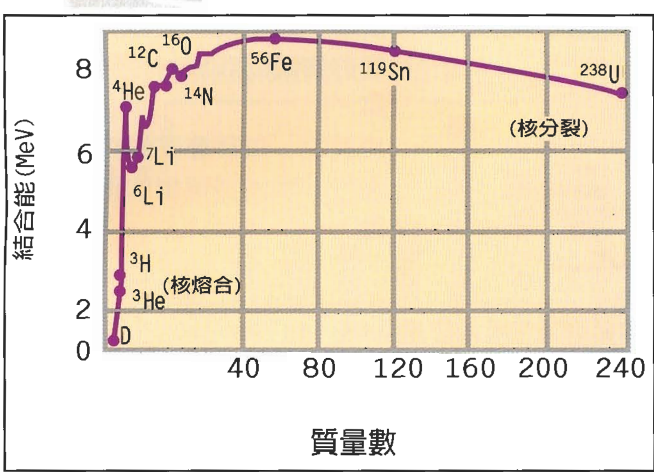
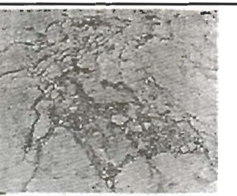


圖3 結合能 (結合的強度)

地球上的天然核反應器
Oklo礦床及天然核反應器的遺跡





向天然核反應器學習：
(1) 核反應器的自控性
(2) 如何將放射性廢棄物安全埋入地底層
(3) 如何將放射性物質的輻射消滅

圖4 天然核反應器

化物，順著水流直到在三角洲處堆積。當時的天然鈾中含有百分之幾的鈾235，就這樣達到臨界狀態，持續進行核分裂連鎖反應。顯示天然核反應器存在的證據之一是，天然核反應爐的形狀並非像核能發電廠的核反應器一樣呈現圓筒狀，而是像一個扁平的土堆狀。

這種天然的核反應爐當然沒有控制棒，而是仰賴水自然地重複沸騰凝結，沸騰時未達臨界，凝結時再達到臨界的循環來維持運轉，以這種自我控制的方式持續運轉長達80萬年之久。最後，由於鈾235愈來愈少而停止運轉。現場留有鈾235進行核分裂，產生鈽後變成混合氧化物燃料（MOX）燃燒的遺跡，若說這是自然形成的plutonium-thermal技術（鈽燃料使用於輕水式反應器的技術），一點也不為過。

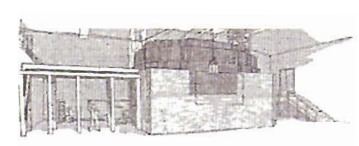
更令人驚訝的是，這個天然核反應器的鈾與現在的沸水式反應器一樣是3.7%，顯示出當時的天然鈾與現在的濃縮鈾構造相同。

1942年12月義大利物理學家費米（Enrico Fermi）在美國芝加哥大學的運動場一角完成了全球第一個核分裂連鎖反應。費米利用計算尺測量出核反應器何時會到達臨界值，成為第一個成功實現核連鎖反應的人（圖5）。此後60年，核能以發電為主普遍為世界各國所利用。

放射性廢棄物處置也向大自然學習—大自然進行的地質處置與輻射消滅

天然核反應器在運轉80萬年之後，無法持續連鎖反應而自行進行地質處置。放射性物質除了氣體的部分之外，其餘大部分都遺留在現場。

芝加哥大學康普頓教授(Arthur Compton)通知哈佛大學校長康南特(James Conant)芝加哥反應堆成功時所使用的暗號
- 康普頓：「那位義大利航海家已到達新大陸了」
- 康南特：「那當地的居民怎麼樣？」
- 康普頓：「非常友好！」



芝加哥反應堆1號

使用於實驗上的石墨與鈾塊

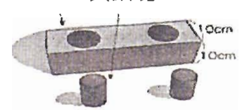


圖5 芝加哥反應堆1號



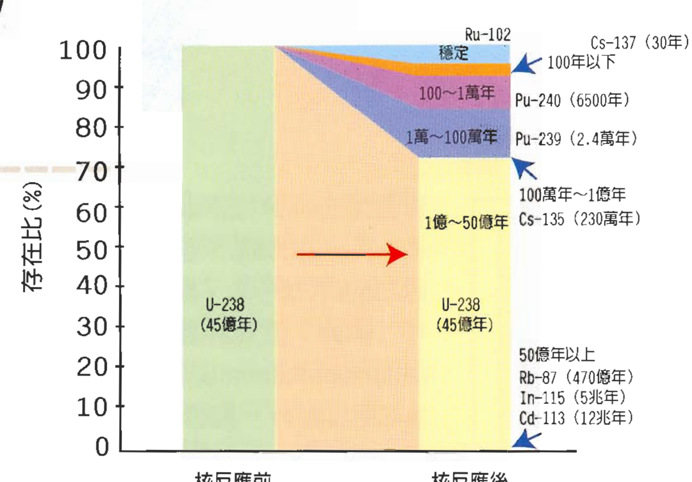


圖6 行星的核能：大自然所進行的輻射消滅及地層處分

天然存在的鈾因核分裂反應，轉換成半衰期較短的物質或非放射性物質。

換言之，核反應器能夠進行一種消滅輻射的行動。

表1 天然核反應器的廢棄物

	分類	元素/核種		崩解	備註
核分裂生成物	鈍氣	氪 Kr	如痕跡般殘留0.01~1%		
	鹼金屬元素	氙 Xe			
		銣 Rb	殘留程度如痕跡般，1%以下		
		銫 Cs	以Ba的形態如痕跡般殘留，大部分逸散	^{137}Sr(半衰期為30.1年)→^{137}Ba(現在) ^{137}Sr(半衰期為230萬年)→^{137}Ba(現在)	
	鹼土金屬元素	鍶 Sr	殘留程度如痕跡般，10%以下		
		鍶 ^{90}Sr	少量移動，大部分當場衰變	^{90}Sr(半衰期為28.8年)→^{90}Zr(現在)	
		鋇 Ba	大部分逸散		
	過渡金屬元素	鋯 Zr	大部分在核反應器內移動		
		鈮 Nb	大部分殘留		
		鉬 Mo	約90%逸散		
		鎝 ^{99}Tc	以Tc的形態移動，在核反應器內移動	^{99}Tc(半衰期為21.1萬年)→^{99}Ru(現在)	
		釕 Ru	大部分殘留，在核反應器內移動		
		鈀 Pd	大部分殘留		
		銀 Ag	大部分殘留		
		鎘Cd	約90%逸散		
	硫族元素	碲 Te	大部分殘留		
	鹵族元素	碘 I	大部分逸散		
	半金屬元素	鉍 ^{209}Bi	大部分殘留	(^{241}Pu→^{237}U→^{237}Np) ^{237}Np→…^{209}Bi（安定核種）	
	典型金屬元素	鉛 Pb	重新分配，約2/3從爐心逸散	^{232}Th→…→^{208}Pb（安定核種） ^{238}U→…→^{206}Pb（安定核種） ^{235}U→…→^{207}Pb（安定核種）	
	鑭族元素(稀土類)	鈰 Ce	僅有極少的部分移動		
		釹 Nd			
		釤 Sm			
		釓 Gd			
	錒族元素	釷232 ^{232}Th	大部份殘留	^{240}Pu→^{233}U→^{232}Th	
		鈾235 ^{235}U	鈽239沒有從鈾235分離	^{239}Pu→^{235}U	
		鈾 U	推測幾乎沒有大幅移動 一部分在核反應器內移動		

在Oklo礦床的天然核反應器No.2遺跡內的核分裂生成物與錒族元素的移動



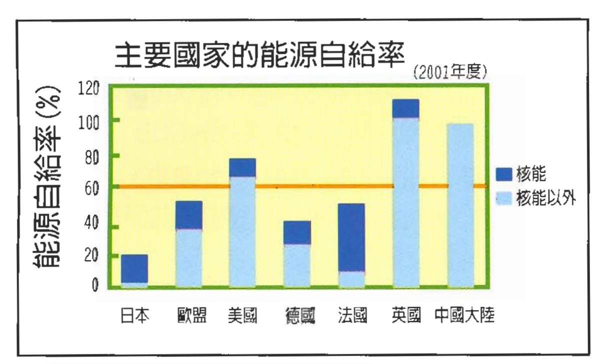


圖7 世界各國的能源自給率

這顯示出地質處置的有效性，目前在處置高放射性廢棄物有所謂的「天然類比」(natural analogue)法。這就是向大自然學習，仿效上述地質處置的研究。

另一方面，鈾238吸收中子後變成鈽239，其半衰期相較於鈾238的45億年短少很多，約為2萬4千年。20億年前產生的鈽已因放射性衰變而陸續轉變為其他元素，本身的輻射也被消滅殆盡。另一方面，也遺留下大量的鈾238。以上就是大自然消滅輻射的實例。而消滅放射性廢棄物的輻射，便是指效法大自然的這種方式，但卻是以人類的時間表，而非大自然的時間表來進行(圖6)。我們希望數百年之內能夠將輻射消滅。此外，地球的大自然具備充分的保持能力，例如鈾能夠長久貯存在地底下。關於如何將放射性廢棄物埋入地底深層並確保其安全的技術開發亦持續發展中。

日本為何選擇核能

二次大戰結束後10年，日本對未來抱著希望開始規劃國家的未來。為了追求國家獨立，必須確保能源供應無虞，因此對於資源欠缺但教育程度高的日本來說，適合發展技術支配型的能源開發，而不是在地球上分布不均的資源支配型化石能源。這是日本對於本國的技術能力，以及國人的高教育水準寄予厚望所致。自此經過半個世紀，如今日本已成為核能先進國家（目前有54座核電廠運轉中），儘管日本的能源自給率在世界上明顯偏低，但可視為日本「準國產能源」的核能發電已占日本能源自給率的80%之多（圖7）。

另外，輻射的利用擴展至社會各角落，應用在醫療、先進技術、礦業、工業及農業等多項領域上。

但是，另一方面日本曾經歷了長崎、廣島原子彈爆炸的悲劇，為了不重蹈覆轍而極力反對發展核能，即便是作為和平用途亦是如此。但是，仔細思考之後，瞭解到對日本而言，反對原子彈與專心發展和平用途是具有相同意義的。像日本這種對於核能研究開發與應用的基本態度，應該成為21世紀大家的共識。

＊張寧恩：輔仁大學翻譯研究所研究生
＊謝牧謙：輔仁大學翻譯研究所兼任教授
（財）核能科技協進會執行長

作者藤家洋一 介紹

日本兵庫縣出生。東京大學理工學系畢業。曾任大阪大學副教授、名古屋大學教授，以及東京工業大學核反應器工學研究所所長。"95年發生原型滋生反應器『文殊』事件之後，又陸續發生東海村臨界事故等，作者在核能事故頻傳的情況下擔任原子力委員，並於"98年接任代理委員長，"01年擔任原子力委員長。可說是領導日本核能歷經大風大浪的舵手之一。"03年1月退休之後，仍心繫核能，多所論著，並以國際觀點推動核能發展為日本的立場，積極參與活動。



世界核電開發現況

■ 葉有財 譯

截至2005年12月31日為止，全世界的核能電廠共有439部機組，發電量3億8,505萬4,000瓩。各國對核電再評估的動向增強。

一. 2005年底為止，全世界核能電廠
運轉中者：439部（合計3億8,505萬4,000瓩）
建造中者：36部（合計3億3,140萬5,000瓩）
計畫中者：39部（合計3億4,006萬瓩）

二. 2005年內新運轉者（5個國家，6部）
日本：ABWR（138萬瓩），BWR（110萬瓩）一2部
韓國：PWR（100萬瓩）一1部
印度：PHWR（54萬瓩）一1部
烏克蘭：PWR（100萬瓩）一1部
俄羅斯：PWR（100萬瓩）一1部
（註：ABWR=進步型沸水反應器，BWR=沸水反應器，PWR=壓水反應器，PHWR=壓重水反應器）

三. 2000年以後開始運轉者，合計30部（2,649萬7,000瓩）。
其中亞洲占19部（1,372萬2,000瓩），占全世界52%。

四. 2005年中，新開工者：亞洲7部，芬蘭1部
韓國：4部PWR，各100萬瓩
中國大陸嶺澳：1部PWR（100萬瓩）
日本島根：1部ABWR（137萬3,000瓩）
巴基斯坦：1部PWR（30萬瓩）
芬蘭：1部EPR=PWR（170萬瓩）
（註：EPR=歐洲壓水反應器）

五. 2005年
開始運轉：1部 日本志賀2號機（ABWR，135萬8,000瓩）
初運臨界：1部 中國田灣 PWR（100萬瓩，俄製）
再啓運轉：1部 加拿大 CANDU（54萬2,000瓩）
（註：CANDU=加拿大重水鈾反應器）

六. 保加利亞：新規劃2部 PWR各100萬瓩。

七. 俄羅斯：決定建造浮游型核能電廠（KLT-40S=半一體型PWR，7萬瓩），新規劃2部，其中1部正開始建造。另外俄羅斯聯邦原子力廳於2005年2月決定3部，預定2010年以前開始運轉。

八. 美國
2005年8月成立「2005年能源政策法」，內有「風險保證及發電稅之減稅措施」。支援新建核能電廠的制度。

另有新的認可制度〔建造、運轉執照(*COL)〕的試用，而成立的NuStart Energy Development 財團於2005年9月宣布西屋公司的AP1000(PWR)與GE公司的經濟簡化ESBWR的建造，並準備審查評估詳細工程作業與環境影響評估，約2007年底或2008年初，向美國核能管制委員會

(NRC)提出COL的申請。可能2014年左右就有新建核能電廠開始運轉。

*(Construction operation License)

（註：ESBWR=經濟簡化沸水反應器）

九. 歐洲有2部關閉

德國1部（PWR，35萬7,000瓩）於2005年5月11日關閉。

瑞典1部（BWR，61萬5,000瓩）於2005年5月31日關閉。

瑞典因替代電源無法確保而拖延了4年才關閉。

（本文譯者為中華民國核能學會秘書長）

世界核能發電開發現況

（2005年12月31日止）（萬瓩、總發電量單位）

國家		運轉中		建設中		計畫中		合計	
		發電量	機組	發電量	機組	發電量	機組	發電量	機組
1	美國	10,274.5	103					10,274.5	103
2	法國	6,602.0	59			160.0	1	6,762.0	60
3	日本	4,822.2	54	392.3	4	1,273.5	9	6,488.0	67
4	俄羅斯	2,355.6	31	300.0	3	107.0	2	2,762.6	36
5	德國	2,137.1	17					2,137.1	17
6	韓國	1,771.6	20	400.0	4	560.0	4	2,731.6	28
7	加拿大	1,342.3	18					1,342.3	18
8	烏克蘭	1,281.8	14	300.0	3			1,581.8	17
9	英國	1,279.3	23					1,279.3	23
10	瑞典	921.1	10					921.1	10
11	西班牙	788.7	9					788.7	9
12	中國大陸	699.8	9	300.0	3	630.0	7	1,629.8	19
13	比利時	605.0	7					605.0	7
14	台灣	514.4	6	270.0	2			784.4	8
15	捷克	372.2	6					372.2	6
16	瑞士	337.2	5					337.2	5
17	印度	331.0	15	392.0	8			723.0	23
18	保加利亞	288.0	4			200.0	2	488.0	6
19	芬蘭	278.0	4	170.0	1			488.0	5
20	斯洛伐克	264.0	6					264.0	6
21	巴西	200.7	2			130.9	1	331.6	3
22	南非	189.0	2			11.0	1	200.0	3
23	匈牙利	186.6	4					186.6	4
24	立陶宛	150.0	1					150.0	1
25	墨西哥	136.4	2					136.4	2
26	阿根廷	100.5	2	74.5	1			175.0	3
27	斯洛維尼亞	70.7	1					70.7	1
28	羅馬尼亞	70.6	1	282.4	4			353.0	5
29	荷蘭	48.1	1					48.1	1
30	巴基斯坦	46.2	2	30.0	1			76.2	3
31	亞美尼亞	40.8	1					40.8	1
32	伊朗			229.3	2	88.0	2	317.3	4
33	印尼					400.0	4	400.0	4
34	哈薩克					192.0	3	192.0	3
35	埃及					187.2	2	187.2	2
36	以色列					66.4	1	66.4	1
合計		38,505.4	439	3,140.5	36	4,006.0	39	45,651.9	514
( )內為2004年		(37,920.7)	(434)	(2,805.2)	(33)	(3,972.3)	(38)	(44,698.2)	(505)



紅沿河核能電廠 土木工程開挖

謝牧謙 譯

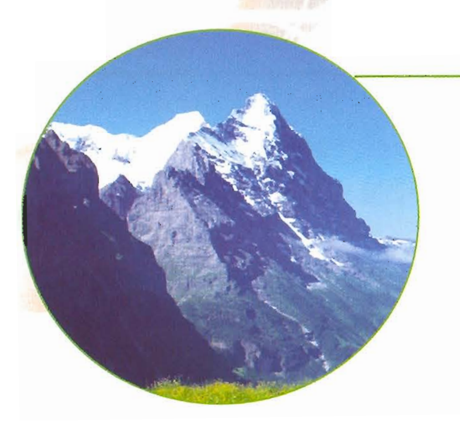
將成為中國大陸東北部首座核能電廠的遼寧省紅沿河核能電廠1、2號機（壓水反應器，功率各為108萬瓩）的土木工程已於6月28日開始。當天動工的是1、2號機組反應器廠房的基礎開挖作業，廠房本體預定明年（2007年）9月動工，1號機預定2012年商轉。紅沿河場址計畫最後容納百萬瓩級壓水反應器6座。

紅沿河核能電廠計畫已納入「第11次5年計畫（2006-2010年）」，1、2號機組與廣東嶺澳二期1號機同型式，屬於將法國反應器技術國產化的CPR 1000型的反應器。

紅沿河核能電廠業主為「遼寧核電有限公司」，出資股份「中國電力投資集團公司」45%、「廣東核電集團公司」45%、「遼寧省能源投資公司」5%、「大連市建設投資公司」5%。第一期計畫（1、2號機組）的總工程費為28億美元，但相對於廣東嶺澳第二期1號機組的建設成本1,500美元/瓩，紅沿河1、2號機組因為國產化比率高達80%，因此建設成本可望降低至1,300美元/瓩。

（原文刊載於2006年7月6日 日本原子力產業新聞）





指向核電復興的羅盤
中國大陸轉向核電旗幟鮮明
－北京首次主辦ICONE會議－

作者：水町涉
譯者：石門環



比成田豪華的北京機場

到達北京機場時，白色的柳花好像棉絮，飄飄然在空中飛舞，春天時黃砂吹襲，黃金週之後柳花到來。曾想到吸入肺部後不知道怎麼辦，但意外的是只飄到前額，沒有進入鼻子內，中國大陸稱之為柳絮。

北京機場是向日本借款而完成的，其豪華程度遠超過成田，鄰接大停車場，非常便利，只是中國大陸的人都不知道這是利用日本的日圓借款興建的。

離開機場，搭計程車試走一趟黃金週之前盛大舉行的反日示威遊行路線。北京以故宮為中心有環狀線，示威遊行就在那條所謂三環路的大路上，從西北到位於市中心的日本大使館之間。遭受攻擊的日本料理店已經修復並營業，日本大使館的玻璃窗仍然可見破裂痕跡，有人從計程車下來準備照相，公安就奔跑過來禁止。

中國大陸強調核電的角色

1990年日本機械學會與美國機械工程學會(ASME)共同主辦國際核能工程會議ICONE(International Conference on Nuclear Engineering)，我曾經對創辦此會議盡過心力，第1次會議是在新宿的京王大飯店舉行。此後，日本與美國輪流主辦，這對日本的發展與核能工程的進步具有相當大的貢獻，後來因法國參加之後，歐洲各國也紛紛加入，此次為第13次，我也以主持人及引言人的身份參加。

首先由代表中國大陸的國防科學工業委員會副主任、也是核能最高負責人的國家原子能機關張華祝主任發表主題演講。

張主任說明：「核能在中國大陸也是重要的能源，至目前為止，累積核電建設的經驗，已有9部機組在運轉，不久之後就有11部機組。運轉情況良好，管理水準、運轉實績不斷向上提升，而且慢慢國產化，希望在2010年以前，第2代進步型壓水反應器(PWR)的自主技術能夠純熟，並在此之後進行第3代的自主製造。在安全管理方面，以「品質第一」、「安全第一」為座右銘，多年來一直致力於法規與監督管理體系的整備，制定相關條例、一系列的安全準則、指引、基準以及技術文書。至於人才問題，為確保必要的人員，設置教育訓練據點，除了進行核能人才的培養以外，同時也從基礎教育到研究開發，使企業和學校相結合，建置職業訓練體系。



中國大陸發展核能並不只是滿足本國的電力需求，同時也對能源結構的改善和環境問題的解決有所貢獻」。

FBR之後核熔合納入視野

在大會名譽議長加納時男參議院議員、近藤駿介原子能委員長以及早田邦久原子能安全委員發表演講之後，接著進行各國核能管制座談會(Panel)，座談者為中國大陸國家核安全局(NNSA)王副局長、法國核能安全暨輻射防護研究所(IRSN)所長Dr. Repussard，美國為貝泰(Bechtel)公司副總經理Dr. Griffith，日本則由本人參加。在發表各國的核能及管制狀況之後舉行座談，各國發表的內容概要如下：

中國大陸

為因應電力不足，至2020年為止，核能發電比例將由目前的1.7%提高到4.0%。因此必須興建30部機組，先以目前興建中的第3代核電因應，之後為第4代、快滋生式反應器，最終轉移到核熔合。

法國

IRSN職員現有1,500人，每年預算2.7億歐元（約350億日圓），其中一半為核能管制活動費，另一半為研究開發費用，可見在研發上亦盡力甚多。

美國

採行科學的、合理的ROP，核能發電容量因數從1997年的70%提升到目前的90%，此相當於新增20部100萬瓩級核電機組所發出的電力，布希總統已宣示在2010年以前將興建核電機組，目前正致力於核電的復興。

日本

2003年10月修訂法律，將異常事件的報告範圍明確化，政府管制單位的檢查與事業者自主檢查範圍也明確規定，政府的檢查變更為以品質保證為重點的管制方式。另外，成立原子力安全基礎機構(JNES)，肩負安全管理審查、解析評估、規格基準、防災支援、安全情報蒐集及分析等業務。

座談會時，有人提問美國有關「風險」的考量觀點、法國每10年做安全審查、日本的美濱3號機事故等。美國強調貫徹風險告知(Risk Informed)管制，將風險作為一種情報訊息來判斷。法國說明每年也有一次檢查，但非常重視每10年一次的安全審查。美濱核能電廠5人死亡對核能界而言是非常慘痛的事故，但會場中也有意見指出此並非核子事故，而是勞動災害事故，另外也有直率的疑問指出為何像日本這樣的先進國家會發生這樣的事故。

世界20個污染最嚴重城市中國大陸占4/5

此次ICONE會議共有26個國家900人參加，其中日本約90人（註冊者約150人）。整個會議中最受矚目的是CNNC的報告，「世界上20個污染最嚴重的城市之中，有16個是在中國大陸」。煤的污染是相當嚴重的問題，「今後必須重視對環境較友善的核能」。

中國大陸與世界電力構成的比較如表1所示，中國大陸燒煤火力所占比例達74%，與世界平均的24%比較，可清楚看出依賴煤炭的程度。

但是，即使燒了那麼多的煤，中國大陸缺電的情況仍然相當嚴重。

表1　中國大陸與世界電力構成的比較

	世界	中國大陸
火力發電	85%	93%
石油	39%	17%
煤	24%	74%
瓦斯	22%	2%
水力發電	6.9%	5%
核能發電	6.3%	1%
其他	2.5%	0.6%

「現在，電力還缺2300萬瓩，今年大概會發生停電吧」，淡然說出這種窘態，高層大樓陸續興建，大家都在擔心電梯會變成什麼樣。

表2是本人擔任主持人時，中國大陸核能研究所（CIAE）的Gu女士所發表的資料，為解決電力不足問題，預測2003年的350 GW供電能力到2020年以前必須提高到大約3倍的1,000 GW，日本目前是237 GW，所以是日本的4倍，另外也預測2050年的供電為1,500 GW。

表2　中國大陸的電力與核電需求預測

	2003年	2020年	2050年
供電量(GW)	350	960－1000	1500
核能發電(GW)	6.1	40	＞150
核電占有率	1.7%	4%	＞10%

另外，從2020年每人電力消費量來看，中國大陸為1,208度，與日本的8,220度比較約1/7，與美國的13,228度比較，每人消費量約1/11，即使到2020年中國大陸的供給電力提高到大約現在3倍的1,000 GW，也還在現在日本每人電力消費量的一半以下，因此中國大陸的預測值大致還妥當。

2020年核能發電為40 GW

中國大陸的核能發電現在為6.1 GW，占總發電量的1.7%，為了達到2020年提高到3倍的供電能力，必須要有40 GW的核電，約為現在的7倍，其所占比例亦將提高至4%，故必須興建34部100萬瓩級的核電機組。雖然這是驚人的數字，但與現在日本核電電力47 GW比較，仍然算少。另外也預測2050年的核能發電為150-180 GW，占總發電量的10%以上。

圖1顯示到2050年的核電發展趨勢，預定在2030年以前為第3代PWR，2030年以後為第4代及快滋生反應器。

2020年石油輸入約3倍

當時也發表中國大陸的石油需求預測（表

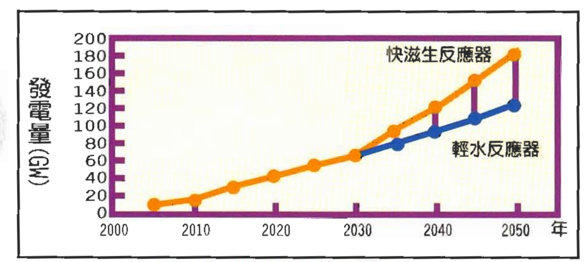


圖1 中國大陸的核能電需求預測

3），依據此表，2002年的石油需求量為237 Mt，其中國大陸內生產167 Mt，輸入70 Mt。2010年的需求預測為320-350 Mt，國內生產195 Mt，輸入125-155 Mt。2020年的需求預測為400-430 Mt，國內生產為200 Mt，輸入為200-230 Mt，2020年的石油輸入將增加到現在的3倍。

現在日本的石油輸入約220 Mt，所以2020年的中國大陸和現在的日本是同樣程度的輸入國，其影響相當鉅大。

表3　中國大陸的石油需求預測　(百萬噸)

	2002(年)	2010	2020
石油需求量	237	320－350	400－430
國內生產	167	195	200
輸入量	70	125－155	200－230

日本在各種領域提供支援

2005年ICONE會議前的安排完全以中國大陸的行事方式進行，與過去12次ICONE不同，因此讓日本、美國的與會人員感到相當困惑，但是到了會議一開始以後，卻又相當順利，終能圓滿成功。

中國大陸許多不同領域的專家提出發自內心的意見，相當值得參考。特別是世界上污染最嚴重的20個城市之中，有16個在中國大陸，令人相當驚訝。為了克服這樣的環境問題，中國大陸提出非常具有前瞻性的計畫，也就是除了現有9部核電機組以外，將再興建30部以上機組，令人感覺好像看到30年前日本的樣子。另一方面，未

INFORMATION

來30年間，日本新建核能機組將大幅減少。在此次會議期間，中國大陸方面一直有技術合作的要求，特別是安全管制、技術、人才等各種領域，日本技術的傳承發揮成效的日子已經來臨，而且也是勢之所趨，非做不可。

2005年6月在北海道，中日韓3國大約20位核能專家在一起舉行研討會(Workshop)，發表最近的異常事件、機組的容量因素、自動停機次數及其分析，也互相討論今後資訊的分享等。在此聚集了中國大陸的國家核安全局、韓國的原子能管制當局、以及日本的經濟產業省原子力安全保安院和原子力安全基礎機構的專家，本人也參加此一盛會並致辭，期盼經由這樣的研討會，今後也能夠繼續進行技術交流。

另外，2006年第14屆ICONE將在邁阿密舉行，第15屆將在目前最有活力的名古屋，也有提案在此之後於上海舉行，獲得中國大陸負責人相當正面的反應。

發展中的國家

北京的街道變得相當漂亮，近代的大樓櫛比鱗次，建設中的大廈相當多，但是老舊骯髒的房屋也點綴其中，可說是仍在發展中的國家。

住宿的旅館房間相當大，可與美國相比美，大廳也是既豪華又氣派，櫃檯人員既親切制服也漂亮。但是偶而聽到吵架的聲音，令人相當驚訝，打掃地板的清潔人員即使在一流的旅館也穿著粗糙的衣服而怒氣沖沖吼叫，實在不太相稱。

以前道路凹凸不平，高速公路在最近10年大幅增加，也舖設得相當漂亮，離北京稍微遠一點的地方，道路舖設仍然不太平坦。計程車實在很恐怖，只要稍有空隙就鑽，自行車也堂堂奔騎其間，行人突然冒出來穿越馬路，我們通常會踩煞車，那裡的駕駛人反而是踩油門，光是坐車就感覺疲累，卻不常發生事故，實在令人嘆為觀止。電視新聞曾經報導追撞事故造成10人死亡。

在中國大陸，各地方的發音不同，因為電視有漢字字幕，我們也猜得出大概的意思，所以相當方便。談到電視，包括日本NHK的BS等共有4個日本頻道，以報導日本的新聞為主，從日本頻道可看到美國大聯盟洋基隊的松井等，不會令人覺得不便，特別是日本的天氣預報，連北京天空雲的樣子都會放映出來，實在相當便利。

放養的貓熊

北京動物園的停車場停滿大型觀光巴士，當然主要是看貓熊，貓熊本來生長在四川省等1800公尺至4000公尺高地竹子較多的地區，在生態上屬於接近熊和浣熊的動物，因此貓熊屬熊科。上野和北京的動物園則獨立為巨貓熊(Giant Panda)科，貓熊的語源來自尼泊爾語，其意義為「吃竹子的動物」。

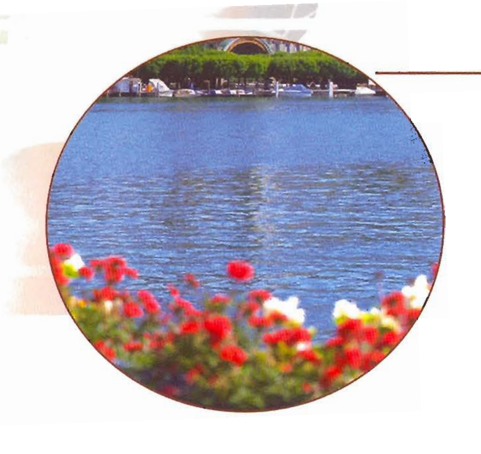
北京動物園占地極廣，有各種不同的動物，貓熊就在入口處，相當有名，那裡的貓熊不像上野動物園那樣管理，而是放養，參觀者身後就有竹子，我折下竹子讓貓熊看，結果馬上就下來討著要吃，一給牠吃就津津有味地發出聲音啃咬，實在相當可愛，即使是共產國家，貓熊也沒有被看管，在此附上等著要吃竹子的貓熊照片。

在此處也有公安人員，維持示威遊行時，讓日本人驚訝的是幾乎所有公安都很年輕而神經緊繃，實際上公安不但年輕，而且制服上繫著腰帶，身體和手都繃直，儀態莊嚴又威風凜凜。

(本文作者為日本ISOE副主席（下一屆主席），譯者為原子能委員會技正。原文刊載於2005年7月ENERGY雜誌)



放養的貓熊等著要吃竹子



雅卡山貯存場是必要的善

編輯室

雅卡山計畫背景說明

雅卡山(Yucca Mountain)位於美國西部內華達州拉斯維加斯西北方90哩處的沙漠地帶。美國歷經數十年、耗資80億美元，於2002年7月9日經參議院表決通過內華達州雅卡山做爲高放射性廢棄物與用過核子燃料最終處置場址，布希總統於同年7月23日簽署該法案。

美國能源部長博得曼在2006年4月12日首次造訪拉斯維加斯之行中承認，儘管雅卡山廢棄物計畫有些技術評估的瑕疵，但他表示，開放貯存場的目標不會改變，因為國家將越來越仰賴核能發電。

現年67歲、出身麻州的能源部長博得曼具有化學工程師的背景。他表示，要達到開放的目標，關鍵在於法案。法案有助於加速程序及弭平貯存場從原本容納77,000噸有毒的核子廢棄物及用過核子燃料組件，擴大到12萬噸上限量的反對聲浪。

然而，能源部疑似違憲侵犯內華達州權、雅卡山技術評估報告作假事件、內州環保團體抗議，反對聲浪如排山倒海而來，使得博得曼焦頭爛額，也數度動怒。

内華達州地方自治權 VS. 聯邦政府

批評者指出，即使能源部將踐踏内華達州政府權利以獲得核管會的執照、自該州取水供貯存場使用，以及徵收土地作為運送廢棄物鐵路路線，聯邦政府還是堅持推動雅卡山計畫。

内華達州官方背後的一股反對勢力一内華達州核子計畫處處長巴布．路斯（Bob Loux）措辭強硬地表示，新的法規用違憲的侵占手段奪取内華達州地方自治權，並且以骯髒的方式掩蓋雅卡山的技術報告缺失。

雅卡山處置計畫相關重要時程如下：

1987年： 國會議員指定雅卡山為唯一放射性廢棄物貯存場場址。
1991年： 雅卡山相關地質研究啓動。
1998年： 能源部計畫進度落後，訴訟纏身，相關法案胎死腹中。
1999年： 柯林頓總統正式否決相關内華達州放射性廢棄物貯存場法案。
2001年： 内華達州控告環保署放射性標準不足，能源部被迫進行相關調查，最終環評報告延遲至年底提出。
2002年： 國會通過、布希總統簽署法案，雅卡山計畫起死回生。能源部繼續探討部分待解決的技術問題，以利未來向核管會申請建造許可。
2003年： 能源部繼續申請向核能管制委員會申請發照，唯計畫超支且進度落後。
2004年： 雅卡山放射性標準被駁回，内華達州控告能源部計畫在該州建造鐵路一事。相關官員認為要在2010年開放貯存場機率微乎其微。
2005年： 國會調查小組提出對能源局調查工作及管理包商品質的疑慮。數名美國地質研究所水利學家在電子郵件中討論在品質保證文件中作假。消息經披露後引起軒然大波，並導致能源部花費100萬美金調查此事件。
2006年： 能源部長博得曼於3月宣告雅卡山計畫中斷。他籲請大衆耐心等候，並矢言將修補計畫。同年4月，布希行政團隊送交國會雅卡山法案。法案主要在移除雅卡山77,000噸容量上限，並且廢除交通部、核管會、陸路運輸局及内華達州的廢棄物運輸管轄權；另外，法案排除所有危險廢棄物處理法及地方政府空氣品質管制法在本案的適法性，並且永久徵收聯邦政府於内華達州公共使用區域的147,000英畝土地。
預計2010-2015年：雅卡山貯存場開始動工、並貯存放射性廢棄物。
預計2035年：處置場將保持開放100至300年，其後才永久封閉。

路斯進一步指出，博得曼根本不了解州水權的判例法，且西部各州的國會議員站在同一陣線表示，聯邦政府企圖強占州水權的作法是違憲的。

對於此評論，博得曼回應，「大錯特錯。」他認為，修改法令以放寬貯存場上限其實沒什麼大不了的。且雅卡山計畫可沒有免死金牌，過去也的確有些疏失。在法規的規範下，雅卡山貯存場將繼續受核管會監督執行發照程序。

路斯聞言表示，能源部長如果沒想到有憲法問題存在的話，那麼他對聯邦法令的理解實在不夠徹底。

地質調查所偽造數據事件

另一方面，去年美國地質調查所內員工的電子郵件曝光，則為雅卡山計畫投下了一枚震撼彈，迫使能源部長博得曼承認雅卡山計畫中斷。

較早之前，博得曼曾透露，他對他所繼承的前人相關的管理經驗相當失望。因為地質調查所的組織文化跟外界想像落差極大。他進一步指出，從地質調查所內的電子郵件就可以看出端倪。很明顯地，這個組織還沒做好執照申請的準備。

4月12日受訪當天，博得曼對修補中斷計畫的細節語焉不詳。他表示，雖然立法是「補救」中斷計畫的一部分，但是較大部分是在於管理雅卡山的「乾淨廢棄物罐」設計方法，今年夏季能源部將會公布相關時程。

博得曼之後說明，民用放射性廢棄物管理處代理處長保羅．高藍（Paul Golan），預估將在2008年(比預計晚了4年) 準備好雅卡山執照複審事宜。

代理處長高藍表示，他會用潛移默化的領導風格來改變引爆資料作假風波的地質所組織文化，而不是用法令硬著來。例如：由小事做起、論功行賞及以身作則，引導組織員工為自己的所作所為負責。

然而，路斯並不買高藍的帳。他表示，這已經不知道是能源部第幾次重新評估、重新提交計畫了。一切都是在重蹈覆轍。或許能源部有誠意要導正這些事情，但是領導力根本無法解決雅卡山問題。因為關鍵在於，糟糕的科學調查方法是怎麼修補也補不起來的。

環保團體抗議

能源部除了面臨來自內華達州政府壓力之外，還必須處理環保團體的抗議聲浪。當地環保團體市民警訊（Citizen Alert）執行長馬茲．強森（Maze Johnson），4月12日當天與兩位工作人員守候在拉斯維加斯評論報（Review-Journal）報社外，準備要與博得曼正面交鋒。

強森說，他們想要詢問博得曼，為何聯邦政府老是要把廢棄物計畫鎖定在內華達州，置州民及環境於危險之中。

強森指的是雅卡山計畫及預計實施的非核子試爆。試爆預定在6月2日進行，然而州環保官員目前已暫緩此計畫，直到他們拿到試爆合乎空氣品質標準的數據再行評估。

儘管雅卡山放射性廢棄物貯存場紛擾不斷，但博得曼仍對未來充滿樂觀，現在由布希行政團隊主導的核能發電成本分擔法案，預計2010年前將發照給3、4座民用核子反應器，且進行得相當順利。能源部長博得曼信心滿滿表示，美國不僅需要3或4座核能電廠，而是14或24座的大數目。這才是雅卡山貯存場背後的驅策動力。

參考網站：

1. http://www.reviewjournal.com/lvrj_home/2006/Apr-13-Thu-2006/news/6840781.html
2. http://www.yuccamountain.org/time.htm
3. http://www.moeaboe.gov.tw/NuclearPowerStat4/04-3.htm

（本文取材自2006/4/13 Las Vegas Review-Journal）



日本分析中心見習有感

編輯室

日本分析中心（JCAC）位於千葉縣稻毛區，距離東京約1個小時的車程，成立於西元1974年5月，1979年移至現址，是日本最具權威且中立的環境放射性核種分析與輻射監測的單位，該中心也建立了最完整的環境放射性核種分析數據的資料庫。



日本分析中心鳥瞰圖，白色框線內即為中心範圍

一進入JCAC，迎面就是滿眼的綠意，環境清幽靜謐，中心占地約為100平方公尺，範圍雖然不大，卻身負日本環境放射性分析重任，是全國唯一的專業機構。其主要工作項目可分為3大類：

一、環境放射性的分析與調查

- 全國各地各種試樣放射性含量的調查
- 核子艦隊停靠港的環境放射性調查
- 各地氡濃度的度量

二、環境放射性分析的精準度控制

- 日本各實驗室環境試樣放射性分析的數據比較實驗
- 分析技術操作手冊的製作
- 環境放射性監測的專業訓練

三、非放射性物質的分析

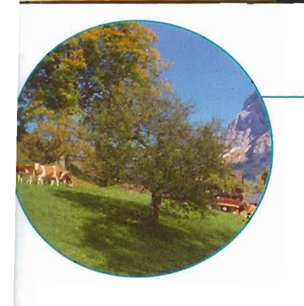
- 分析「新屋症候群（sick house syndrome）」的實質原因
（編按：新屋症候群是指裝潢房屋時使用的材料容易釋放出有毒的化學物質，污染室內空氣，造成居住者長期的頭痛、過敏、鼻塞、喉嚨痛等症狀。）
- 違禁藥品的分析

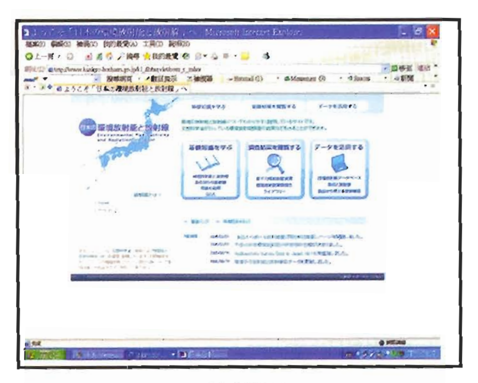
民眾需要的是安心與安全

日本分析中心特別設立一個網站，將日本環境中放射性與輻射方面監測的資訊，綜合整理



研究人員正在進行環境試樣分裝作業





日本分析中心網站首頁

後完全透明、公開且及時地呈現在網站中，供一般民眾瀏覽，網址為：http://www.kankyo-hoshano.go.jp/。另一個網站：http://search.kankyo-hoshano.go.jp/，則是有關環境輻射方面的資料庫，內容豐富且完整。

核子艦隊停靠港的放射性調查

日本政府實行全國性調查，以瞭解各地環境輻射的水平，文部科學省也委託JCAC分析大範圍環境試樣的放射性分析。此外，JCAC也提供公民營機構輻射劑量度量的服務，其偵測結果極具公信力。

JCAC蒐集橫須賀（Yokosuka）、佐世保（Sasebo）與琉球的金中城（Kinnakagusuku）港附近的海水、海中沉積物與海洋有機物，進行放射化學分析，這3地都是美國核子艦隊停靠的港口。

此外，JCAC人員還參與一個放射性調查小組，當核子艦隊入港時立即進行放射性調查。

環境放射性分析

1. 分析環境試樣中的放射性，以監測放射性的落塵。

蒐集日本47個縣的環境與食物試樣，進行放射化學分析，以確定鍶90與銫137。其中環境試樣包括：落塵、每月降雨、新鮮水（fresh water）、海水、土壤、海中沉積物等。

食物試樣則包括：稻米、蔬菜、牛奶、每日的食物、海中有機物等。此外，也分析天然放射性核種如釷、鈾，長壽命放射性核種如碘129與鈽的同位素。

2. 分析食物環境試樣中的放射性

將蒐集自全日本的食物試樣以放射性化學分析確定鍶90與銫137；以加馬能譜儀測定發射加馬射線的放射性核種；以阿伐能譜儀測定鈽同位素的含量。

西元1986年前蘇聯車諾比爾電廠事故後，JCAC在肉類樣品中曾經測出銫137的含量偏高。

3. 氡的測量



脫臭裝置



海水沉澱物分析設備

一項調查全國大氣中氡（氡222）濃度的度量正在進行，以評估氡與其子核對民眾造成的輻射劑量。

一般家庭氡的度量以往都是3個月抽樣1次，自2005年開始改為6個月抽樣1次。

4. 中子劑量率的調查

為評估宇宙射線對環境造成的中子劑量率，JCAC在日本許多地區進行中子劑量率的測量。

JCAC的實驗室距離附近的民房非常近，幾乎就是比鄰而居。根據該中心分析部次長森本隆夫先生表示，由於實驗室經常進行食物、魚、肉類的試樣分析，必須運用先進的脫臭設備，使臭味不致散出，以達到環保最高標準的要求。此外，JCAC也非常注重噪音、污水等污染的防制工作，才能和居民相安無事，零距離、零污染地融入當地社區。

扮演第三者中立仲裁角色

日本政府單位、縣政府、獨立行政機構、電力公司以及其他研究機構都會委託JCAC進行環境試樣的放射性分析，以及輻射劑量的度量。同時JCAC也會進行全國環境放射性的調查。

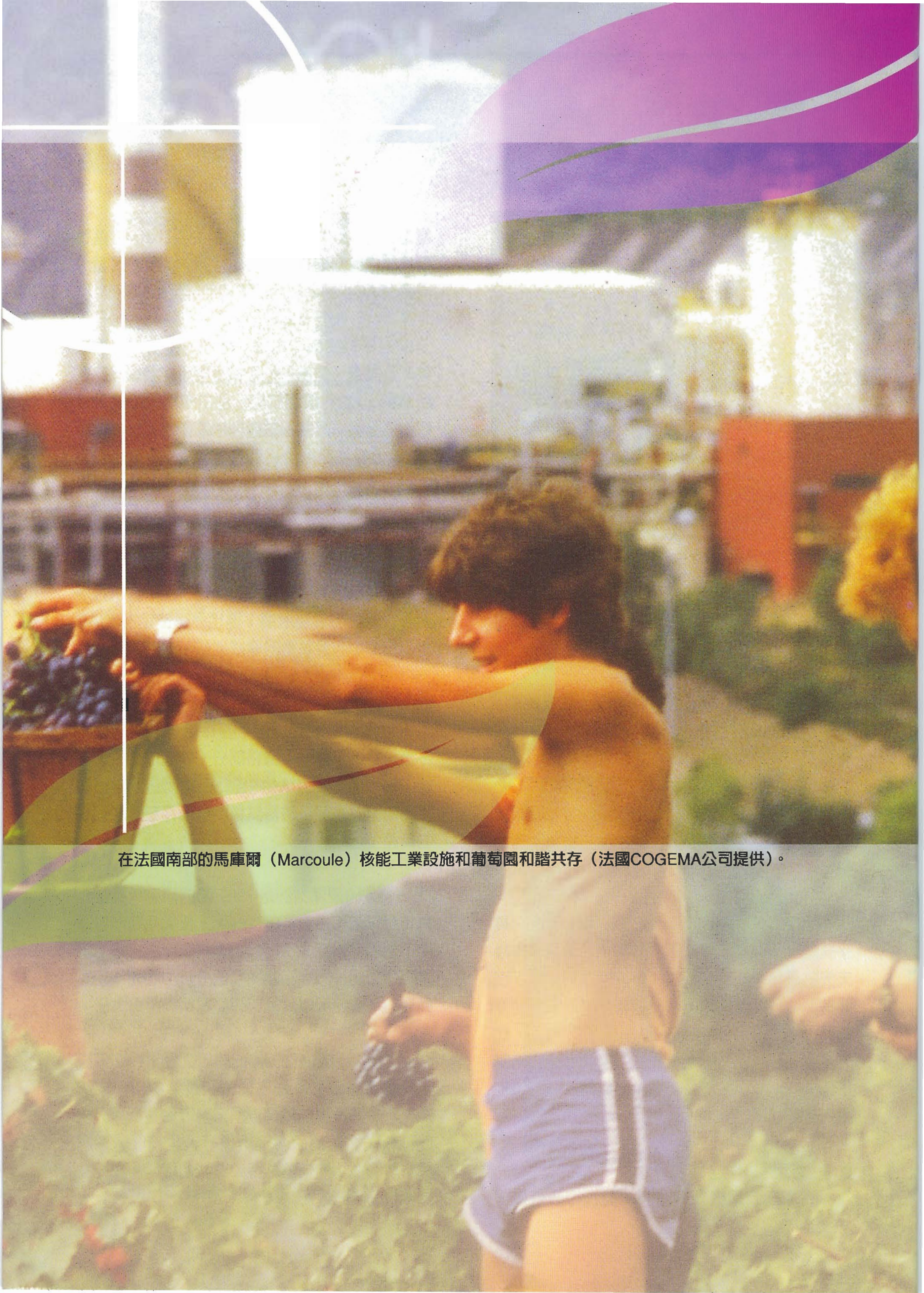
日本對於核能電廠附近環境的放射性與輻射劑量調查，是由各核能電廠與所在地縣政府各自取樣，1/2的環境試樣分別由核能電廠與縣政府自行分析，其餘的試樣則依重要性的需求委託JCAC分析；之後將三者的分析結果再進行交叉比對。最終的分析結果藉由JCAC專業、公正、中立的認可，皆能獲得政府單位與民眾的信賴，極具公信力。此外，JCAC每年也會與國際其他相關實驗室作比較實驗，測試本身的分析能力。多年來，比對的結果幾乎都絲毫不差，合乎國際上各實驗室的最佳水準，這也一再確定了JCAC身為日本中心實驗室的權威地位。

結語

此番實地觀摩見習，在每個實驗室之間，不斷地穿鞋、換鞋，嚴格區分工作場域與人員動線，充分感受到JCAC內部每個細節皆注重輻射防護措施，不使受檢驗試樣中可能存在的放射性物質產生污染。

令人印象深刻的是，JCAC的研究人員都相當年輕，也有相當多的女性，工作氣氛雖然嚴肅卻不沉悶。研究人員在介紹專業工作內容時，則是條理分明、滔滔不絕。整個分析中心充滿朝氣與活力，難怪可以肩負起如此艱鉅的重責大任。

在此特別感謝JCAC佐竹宏文理事長、分析部佐藤兼章部長、森本隆夫次長、中山一成次長、原子力艦放射能調查室宮野敬治室長、分析部試料調製組桐田博史組長等人鉅細靡遺地解說，以及親切熱情的款待，讓我們獲得一次充實又愉悅的美好經驗。



在法國南部的馬庫爾（Marcoule）核能工業設施和葡萄園和諧共存（法國COGEMA公司提供）。